

# SINTESA KOMPOSIT KITOSAN DAN KOMPLEKS KITOSAN KARBON NANOTUBE (CHITO-CNT) SERTA PEMANFAATANNYA SEBAGAI AGEN ANTIBIOTIK

Agung Rimayanto Gintu, Imelda Wadu, Dewi K. A. K. Hastuti, Cucun Alep Rianto,  
Yohanes Slamet Widodo

Program Studi Magister Biologi, Fakultas Biologi,  
Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana  
Email: [422017002@student.uksw.edu](mailto:422017002@student.uksw.edu)

## ABSTRAK

Kitosan merupakan suatu senyawa kitooligosakarida turunan kitin yang umumnya dimanfaatkan sebagai agen antibiotik. Saat ini sediaan kitosan yang banyak beredar berukuran nano. Pada penelitian ini dilakukan sintesa kitosan karbon nanotube (*Chito-CNT*) dari kitosan yang digrafting dengan nano grafit oksida (GO) kemudian diukur daya antibakterinya terhadap bakteri *E. coli* dan *Bacillus* dengan gel komposit kitosan sebagai pembanding. Dari pengukuran daya antibakteri diperoleh diameter daerah hambat (DDH) gel kitosan terhadap bakteri *E. coli* pada konsentrasi  $10^{-3}$  sebesar  $19,75 \pm 1,0500$  mm; pada konsentrasi  $10^{-4}$  sebesar  $18,9 \pm 0,0000$  mm; dan pada konsentrasi  $10^{-5}$  sebesar  $25,1 \pm 0,0000$  mm; sedangkan terhadap bakteri *Bacillus* pada konsentrasi  $10^{-3}$  sebesar  $29,9 \pm 6,8000$  mm; pada konsentrasi  $10^{-4}$  sebesar  $28,55 \pm 2,4500$  mm; dan pada konsentrasi  $10^{-5}$  sebesar  $19,6 \pm 0,5000$  mm. Dari ukuran diameter daerah hambat dapat disimpulkan bahwa kitosan memiliki aktivitas antibiotik kuat. Kitosan karbon nanotube tidak menghasilkan daya antibakteri karena tidak terbentuk *nanotube* tapi *nanolayer* sehingga tidak bereaksi dengan inti sel bakteri.

**Kata Kunci:** Kitin, Kitosan, Karbon Nanotube

## PENDAHULUAN

Gel Chito-CNT merupakan senyawa kompleks yang diaplikasikan sebagai agen antibakteri. Gel ini terbuat dari carbon nanotube yang disambungkan dengan hidrogel kitooligosakarida. Carbon nanotube disintesa dari grafit pensil menggunakan asam – asam kuat sehingga menghasilkan karbon berukuran nano. Karbon nanotube memiliki peranan penting dalam pengendalian pertumbuhan mikroba. Diantara semua nanopartikel, CNT memiliki sifat yang unik dalam hal optikal, elektronik, magnetik, kimiawi dan mekanika yang cukup untuk membuat variasi penggunaan dalam biomedis, obat – obatan, pembuatan serat pakaian, dan lain – lain. Fungsi kimiawi CNT membawa sifat baru yakni aktivitas antimikroba dan sifat pereduksi tingkat toksitas ketika diujikan terhadap sel mamalia. Tarikan kovalen epsilon polylysine dengan chitosan dipercaya menghasilkan anti bakteri terhadap *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *S. aureus*. Komposit Perak-CNT menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat terhadap *E. coli* dalam reaksi gelap. (Wang dkk., 2009; Venkatesan dkk., 2014).

Kitosan adalah polisakarida linear, tersusun dari D-glucosamin dan gugus N-Acetyl glucosamine. Umumnya disintesa dari limbah makanan laut *crustacean*. Penelitian – penelitian sebelumnya telah memaparkan aktivitas antibakteri kitosan terhadap bakteri gram positif dan gram negative. Mekanisme aktivitas antibakteri kitosan adalah muatan positif kitosan berinteraksi dengan muatan negatif pada permukaan membran sel bakteri sehingga mengakibatkan gangguan pada membran sel akibatnya sel mati. Penelitian sebelumnya memaparkan aplikasi kitosan dalam bidang serat pakaian, fotografi, kosmetik, perawatan kulit, pangan, nutrisi, penanganan air, antikoagulan darah, dan pengikat /pereduksi lemak. Sementara beberapa decade terakhir, pemanfaatan dan modifikasi biokomposit kitosan-carbon nanotube telah banyak digunakan dalam bidang medis seperti pembuatan membran tisu, biosensor dan pembuatan obat – obatan (Islam dkk., 2011; Manurung, 2011)

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kitin

Kitin merupakan polimer / polisakarida yang menyusun tubuh hewan *crustacean*, plankton dan *insect* (Gagne, 1993). Pada tubuh hewan – hewan tersebut kitin berperan sebagai eksoskeleton (Gagne, 1993). Kitin memiliki ikatan  $1,4 \beta$  antar setiap monomernya

sehingga tidak larut dalam air (Islam *dkk.*, 2011). Kitin memiliki nama kimia yaitu 2-acetamido-2-deoxy-D-Glucosa (Sashiwa, 2004). Kitin dapat diperoleh dengan melakukan demineralisasi dan deproteinasi pada kulit udang karena kulit udang tersusun dari protein (25-40%), kitin (15-20%) dan kalsium karbonat (45-50%) (Puspawati and I Nyoman, 2010). Demineralisasi dan deproteinasi kulit udang bertujuan untuk mereduksi mineral dan protein berupa pigmen astasantin dan xiasantin dari kulit udang agar diperoleh polimer kitin yang bersih. kitin merupakan biopolymer bersifat polikationik dan bergugus fungsi asetamin ( $\text{NHCOCH}_3$ ) (Manurung, 2011). Penggunaan senyawa kitin masih terbatas, kelemahan ini diatasi dengan melakukan modifikasi struktur dengan menggunakan larutan Sodium Hidroksida sehingga menghasilkan senyawa turunannya yaitu kitosan yang pemanfaatannya lebih bervariasi (Manurung, 2011).

## 2.2. Kitosan.

Kitosan merupakan biopolymer berikatan 1,4  $\beta$  yang dapat diperoleh dari deasetilasi kitin menggunakan NaOH. Pada proses deasetilasi terjadi substitusi gugus asetamin ( $\text{NHCOCH}_3$ ) dengan hydrogen menjadi gugus Amino ( $\text{NH}_2$ ) (Manurung, 2011). kitosan memiliki pemanfaatan yang lebih bervariasi daripada kitin, misalnya pemanfaatan dalam bidang pangan, kosmetik, biomedis dan farmasi (Islam *dkk.*, 2011; Kurniasih dan Dwi, 2010; Manurung, 2011; Mardliyanti *dkk.*, 2012). Beberapa penelitian sebelumnya melaporkan bahwa kitosan dapat dimanfaatkan sebagai khelat logam berat dan antibakteri. Potensi ini dapat dimanfaatkan mengingat udang merupakan komoditas ekspor yang menghasilkan banyak sampah kulit udang dan belum dikelola secara maksimal. Jika kitin dan kitosan disambungkan dalam proses grafting maka akan menghasilkan serat kitiloligomer yang terdiri dari 20-40 untai rantai kitin-kitosan. Serat ini menghasilkan senyawa antibakteri N-asetil kitoheksaose dan juga menghasilkan Enzim kitosanase yang juga bersifat antibakteri. Kitosan dapat juga dibedakan dari Kitin lewat kandungan gas nitrogen yang terkandung didalamnya. Jika kandungan gas nitrogen kurang dari 7% maka polimer tersebut adalah kitin, sedangkan jika kandungan gas nitrogen lebih besar dari 7% maka polimer tersebut adalah kitosan (Islam *dkk.*, 2011; Kurniasih dan Dwi, 2010; Manurung, 2011; Mardliyanti *dkk.*, 2012).

## 2.3. Carbon Nanotube (CNT) / GO (Grafir Oksida) Nanosheets

GO nanosheets / CNT dapat diperoleh dari oksidasi asam dan exfoliasi lempeng grafit. Karena presentase muatan negatif gugus teroksigenasi seperti Epoxi dan Hydroxyl pada permukaan sama seperti gugus karboksilat, GO akan mudah terdispersi oleh air dalam bentuk lempeng tunggal. GO nanosheets dapat tereduksi membentuk grafit selama deoksidasi termal atau reduksi kimiawi. Ukuran lempeng / butiran GO terfragmentasi dapat dikontrol dengan variasi waktu sonikasi. Penelitian acuan menghipotesiskan bahwa mengsonikasi GO dalam asam pekat memperkecil ukuran GO nanosheets menjadi nanofragmen dan senyawa poliaromatik terlarut. Kombinasi vibrasi gelombang sonic dan asam kuat memotong GO nanosheets menjadi fragmen – fragmen yang lebih pendek (Wang *dkk.*, 2009; Venkatesan *dkk.*, 2014)

Carbon NanoTube/Tabung Karbon Nano (CNTs) adalah komposisi senyawa karbon yang berbentuk tabung berukuran nano. Dibentuk dengan rasio perbandingan panjang:lebar ialah 132.000.000:1, lebih besar dibanding material lainnya. Molekul silinder karbon ini memiliki sifat yang tidak biasa dan sangat bermanfaat dibidangnanoteknologi,elektronik,optik dan berbagai bidang ilmu dan teknologi material. Karena memiliki konduktifitas termal maupun sifat mekanis dan listrik yang dimiliki, karbon nanotube dapat diaplikasikan untuk berbagai macam bahan struktur (majalah\_1000guru.net; Wang *dkk.*, 2009; Venkatesan *dkk.*, 2014)

Nanotube termasuk salah satu anggota struktural fullerene. Nama nanotube berasal dari bentuk mereka yang panjang dan berlubang dengan dinding yang dibentuk oleh lembaran satu atom karbon tebal disebut graphene. Lembaran karbon ini digulung pada diskrit dan sudut tertentu. Nanotube dikategorikan sebagai nanotube berdinding tunggal atau SWNTs dan nanotube berdinding multi (MWNTs). Nanotube individu secara alami akan

menyesuaikan diri membentuk tali yang dipertahankan oleh gaya van der Waals. Lebih spesifiknya berupa susunan-pi (majalah\_1000guru.net).

Dalam terapan Kimia Kuantum khususnya, hibridisasi orbital ialah penggambaran terbaik dari ikatan kimia di dalam nanotube. Ikatan kimia dari nanotube terbentuk dari ikatan  $sp^2$  mirip dengan grafit. Ikatan ini lebih kuat dibanding ikatan  $sp^3$  yang ditemukan di alkana dan berlian. Membuat nanotube memiliki sifat kekuatan yang unik (majalah\_1000guru.net; Wang dkk., 2009; Venkatesan dkk., 2014).

Kebanyakan nanotube ber dinding tunggal (SWNT) mempunyai diameter mencapai 1 nanometer dengan lebar tabung dapat mencapai jutaan kalinya. Struktur dari SWNT dapat dikonsepkan dengan membengkokkan grafit selebar satu atom yang disebut graphene hingga membentuk silinder. Cara lembaran graphene menggulung dapat dipresentasikan oleh sepasang indeks (n,m). Integral dari n dan m menunjukkan jumlah vektor satuan sepanjang dua arah dalam struktur kisi sarang lebah kristal graphene. Jika  $m = 0$ , nanotube disebut sebagai nanotube Zig-zag, dan jika  $n = m$ , disebut sebagai nanotube armchair. Sebaliknya disebut Chiral. Diameter nanotube yang ideal dapat dihitung dari indeks (n,m) sebagai berikut

$$d = \frac{a}{\pi} \sqrt{(n^2 + nm + m^2)} = 78.3 \sqrt{((n + m)^2 - nm)} \text{ pm},$$

dimana  $a = 0.246 \text{ nm}$ .

SWNT sangat penting dari berbagai nanotube karena sebagian besar sifat mereka berubah secara signifikan dengan nilai (n, m) dan ketergantungan ini bersifat non-monoton. Khususnya, Rentang Energi nanotube dapat bervariasi dari nol sampai sekitar 2 eV dan konduktivitas listrik mereka dapat menunjukkan perilaku logam atau semikonduktor (majalah\_1000guru.net; Wang dkk., 2009; Venkatesan dkk., 2014).

## METODE PENELITIAN

### 1. Sintesa *Graphene Oxide* (GO) dari Grafit Pensil

Ditimbang sebanyak 1,5 gram grafit pensil 3B, dihaluskan kemudian. Dimasukkan 69 ml  $H_2SO_4$  dalam wadah lalu diletakkan diatas Icebath  $\pm 5^\circ C$ . diambahkan 1,5 g grafit kedalam asam sulfat lalu di aduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Setelah 15 menit ditambahkan 1,5 g  $NaNO_3$  lalu dilanjutkan pengadukan pada suhu ruang selama 1 jam. Ditambahkan sebanyak 120 ml aquades lalu diaduk pada suhu  $90^\circ C$  selama 30 menit kemudian ditambah 10 ml  $H_2O_2$  lalu dibilas dengan 300 ml aquades. Disaring padatan GO dan dibilas dengan aquades hingga pH netral. GO disimpan dalam desikator selama 1 malam pada suhu ruang (Wang dkk., 2009 ; Venkatesan dkk., 2014).

### 2. Sintesa *Carbon Nanotube* dari *Graphen Oxide*

Ditimbang 100 mg GO lalu dilarutkan dalam 100 ml  $HNO_3$  70% sambil disonikasi pada suhu ruang. Setelah 4 jam, residu disaring, dibilas hingga pH netral lalu dikeringkan selama 24 jam pada suhu ruang (Wang dkk., 2009 ; Venkatesan dkk., 2014).

### 3. Sintesa Kitin – Kitosan Dari Kulit Udang

Dicuci sampel kulit udang menggunakan  $H_2O_2$  kemudian dikeringkan selama 2 x 24 jam pada suhu  $50^\circ C$ , kemudian dimaserasi dalam HCl 4% dengan perbandingan 1:28 (w/v) selama 24 jam. Setelah 24 jam, dibilas rendaman kulit udang dengan aquades hingga pH netral. Dilanjutkan maserasi kulit udang dengan NaOH 5% dengan perbandingan 1:12 (w/v) selama 24 jam kemudian dibilas dengan air hingga pH netral, lalu dikeringkan dan dihaluskan. Pada proses ini diperoleh padatan kitin (Islam dkk., 2011; Kurniasih dan Dwi, 2010; Manurung, 2011; Mardiyanti dkk, 2012).

Selanjutnya, Kitin dimaserasi dalam NaOH 70% dengan perbandingan 1:14 (w/v) pada suhu  $130^\circ C$  selama 90 menit dan diperoleh padatan kitosan berwarna putih, kemudian Kitosan disaring, dibilas hingga pH air bilasan menunjukan netral dan dikeringkan. (Islam dkk., 2011; Kurniasih dan Dwi, 2010; Manurung, 2011; Mardiyanti dkk, 2012; Gintu dkk, 2017)

#### 4. Pembuatan gel Chito-CNT

Ditimbang 0,1 gam Kitosan lalu dilarutkan dalam Asam Asetat 2% (Islam dkk., 2011; Kurniasih dan Dwi, 2010; Manurung, 2011; Mardiyanti dkk, 2012; Gintu dkk, 2017), diatur pH larutan hydrogel Kitosan dengan menambahkan NaOH 1% hingga pH netral. Ditambahkan 0,1 g Karbon nanotube lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 24 jam, larutan disimpan dalam freezer selama 24 jam. Setelah 24 jam, larutan ditambah 10 – 11 ml aquades lalu disentrifugasi, endapan Chito-CNT yang terbentuk disimpan dalam desikator pada suhu ruang selama 24 jam (Wang dkk., 2009 ; Venkatesan dkk., 2014).

#### 5. Preparasi uji antibakteri

Diambil 1 Ose bakteri uji kemudian dioleskan dalam medium NA untuk diremajakan, medium peremajaan lalu diinkubasi selama 24 jam (Fitri dan Yekki, 2011; Meryandini dkk, 2009). Setelah 24 jam, bakteri dipindahkan pada medium cair NB kemudian diinkubasi lagi selama 24 jam (Fitri dan Yekki, 2011; Meryandini dkk, 2009). Sedangkan untuk standarisasi bakteri menggunakan larutan McFarland mengacu pada Hardy Diagnostic (2014); tabel standarisasi McFarland ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Standarisasi McFarland Untuk Penentuan Konsentrasi Bakteri

Standar McFarland	0,5	1	2	3	4
1% BaCl <sub>2</sub> (ml)	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
1% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)	9,95	9,9	9,8	9,8	9,7
ABS standar	0,08-0,1	0,257	0,451	0,582	0,669
ABS praktikum	0,121	0,240	0,595	0,783	1,027

Dibuat larutan medium padat PDA lalu dituangkan pada cawan petri steril, ditunggu hingga medium mengeras. Setelah mengeras, dipipetkan sebanyak 10 ml suspensi bakteri dan dilubangi medium menggunakan pencadang besi steril berukuran diameter 5 mm untuk membuat sumur agar. Dimasukkan 0,5-1ml gel Chito-CNT dan gel Kitosan kedalam sumur lalu diinkubasi selama 24 jam (Fitri dan Yekki, 2011; Meryandini dkk, 2009; Gintu dkk, 2017). Digunakan *Hygromycin* sebagai pembanding

Kriteria kekuatan daya antibakteri berdasarkan diameter daerah hambat mengacu pada Widyaningtyas dkk, (2013); kriteria kekuatan aktivitas antibakteri ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kategori Daya Antibakteri Berdasarkan Besarnya Daerah Hambat

Kode	Diameter Zona Hambat (mm)
(-)	≤ 10
(+)	11-15
(++)	16-20
(+++)	>20

#### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis Grafit Oksida (GO) dan Karbon GO Nanotube ditampilkan pada Tabel 3.

**Tabel 3** Hasil Sintesis GO-Nanotube

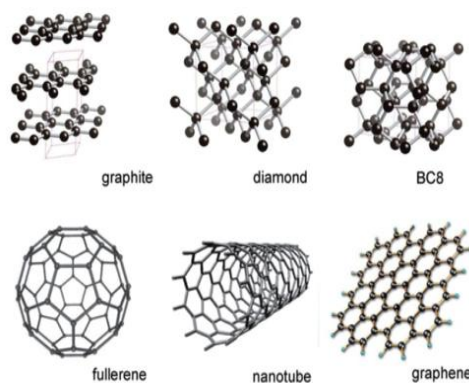
Produk sintesa	Massa (g)
Grapheme oxide (GO)	1,2158
Carbone Nanotube (CNT)	1,3475
Gel Chito-CNT	2,8961

Hasil pengukuran aktifitas antibakteri metode sumurditampilkan pada Tabel 4.

**Tabel 4** Hasil Pengukuran Daya Antibakteri Chito-CNT dan Kitosan Terhadap *E. coli* dan *Bacillus*

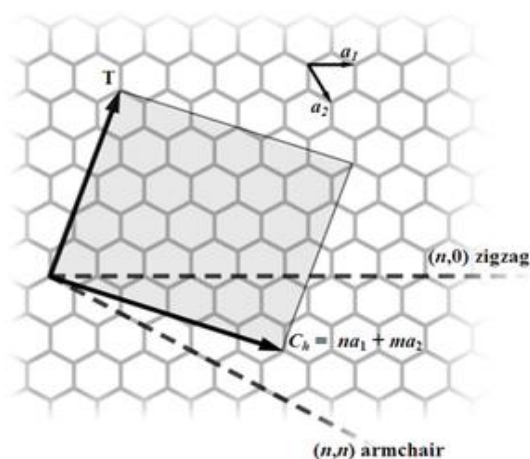
Bakteri	Konsentrasi	Konsentrasi Chit-CNT (ppm)	DDH Rata – Rata (mm)
<i>E. coli</i>	$10^{-3}$	50	-
		25	-
		Chitosan	19,75±1,0500
	$10^{-4}$	50	-
		25	-
		Chitosan	18,9±0,0000
	$10^{-5}$	50	-
		25	-
		Chitosan	25,1±0,0000
	Standar control positif		27,0
<i>Bacillus</i>	$10^{-3}$	50	-
		25	-
		Chitosan	29,9±6,8000
	$10^{-4}$	50	-
		25	-
		Chitosan	28,55±2,4500
	$10^{-5}$	50	-
		25	-
		Chitosan	19,6±0,5000
	Standar control positif		36,1

Dalam sintesa grafit oksida dari grafit pensil digunakan ice bath bersuhu  $1-5^{\circ}\text{C}$  untuk mencegah pemanasan spontan system ketika grafit direaksikan dengan asam sulfat. Reaksi hidrolisis oleh asam sulfat umumnya menghasilkan kalor yang cukup untuk memanaskan system (eksotermik) sehingga dapat mengganggu reaksi. Jika dalam reaksi terjadi kelimpahan kalor, semua partikel yang bereaksi dalam system akan bergerak hiperaktif karena memiliki kelimpahan energy. Ketika partikel (pereaksi) bergerak hiperaktif, reaksi akan berlangsung sangat cepat namun tidak akan menghasilkan produk dalam massa atau volume yang optimal karena produk bereaksi lagi dengan reaktan disekitarnya. Kemungkinan produk bereaksi kembali ini dimungkinkan karena semua factor memiliki energy yang cukup untuk bervibrasi mencari kestabilan. Untuk mencegah reaksi bolak balik tersebut maka reaksi harus dilakukan dalam system atau lingkungan yang dingin.



**Gambar 1.** Model partikel nano (Majalah\_1000guru.net)

Dalam proses sintesa dari grafit pensil hingga menjadi carbon nanotube digunakan asam kuat untuk menghidrolisa misalnya asam sulfat dan asam nitrat. Penggunaan asam kuat dimaksudkan untuk menghidrolisis grafit ukuran kasar agar menjadi ukuran nano. Grafit sulit larut dalam asam lemah atau asam kuat dalam konsentrasi kecil sehingga digunakan asam kuat pekat untuk memperkecil ukuran grafit menjadi nano. Karena produk yang diinginkan berukuran nano sehingga semua reaksi sintesa dan penyimpanan produk harus dilakukan dalam suhu ruang karena jika dilakukan dalam suhu panas partikel dalam ukuran nano sangat mudah menguap. Untuk mendukung hidrolisis asam untuk menghasilkan karbon berukuran nano, digunakan sonikator untuk memberi vibrasi untuk memperkecil ukuran dan juga mempercepat reaksi karena jika direaksikan tanpa vibrasi kemungkinan waktu sintesa akan lebih panjang (lebih dari 4 jam). Selain itu, sonikasi juga bertujuan untuk membentuk silinder nano (nanotube) karena partikel nano yang dihasilkan dalam sintesa ini masih berbentuk lembaran/ lempeng (nano sheets).



**Gambar 2.** arah vektor pembentukan medan oleh vibrasi Sonic (Majalah\_1000guru.net)

Karbon nanotube kemudian diuji aktifitas antibakterinya terhadap bakteri gram positif dan negative menggunakan metode sumur. Bakteri gram positif digunakan *Bacillus* sp sedangkan bakteri gram negative yang digunakan adalah *Escherichia coli*. Pada praktikum ini tidak ditemukan aktivitas antibakteri kitosan-karbon nanotube pada konsentrasi 25 dan 50 ppm, hal ini disebabkan pada proses grafting (penggabungan) antara kitosan dan karbon nanotube menggunakan pengadukan dalam waktu 24 jam kemungkinan terjadi perubahan struktur ikatan pada kitosan dari glikosida 1,4  $\beta$  menjadi glikosida 1,4  $\alpha$ . Perubahan struktur ikatan ini mengakibatkan kitosan berubah menjadi amilum / amilosa (poli glikosida 1,4  $\alpha$ ), amilum merupakan nutrisi bagi makhluk hidup dari monoseluler hingga poliseluler sehingga bakteri dapat mengurai amilum tersebut menjadi energy untuk kelangsungan hidupnya. Selain itu inti karbon pada kompleks gel Chito-CNT juga dapat menjadi nutrient untuk bakteri ketika diinkubasi. Saat diinkubasi bakteri mengalami reaksi gelap (karena dalam incubator tidak ada cahaya matahari) sehingga membutuhkan karbon untuk kelangsungan hidupnya. Karbon dari grafit kemudian membentuk gugus karbon  $C_6$  atau  $C_5$  yang dapat digunakan oleh bakteri untuk menghasilkan energi untuk kelangsungan hidupnya.

## KESIMPULAN

1. Dari hasil sintesa 1,5 gram grafit pensil diperoleh 1,2158 gram Grafit Oksida (GO) dan 1,3475 gram Carbon Nanotube (CNT)
2. Dari proses grafting Chitosan : CNT (1:1 m/m) diperoleh 2,8961 gram Gel Chito-CNT
3. Tidak ditemukan aktifitas antibakteri pada Gel Chito-CNT pada konsentrasi 25 dan 50 ppm untuk semua seri pengenceran bakteri.
4. Dari pengukuran daya antibakteri diperoleh diameter daerah hambat (DDH) gel kitosan terhadap bakteri *E. coli* pada konsentrasi  $10^{-3}$  sebesar  $19,75 \pm 1,0500$  mm; pada konsentrasi  $10^{-4}$  sebesar  $18,9 \pm 0,0000$  mm; dan pada konsentrasi  $10^{-5}$  sebesar  $25,1 \pm 0,0000$  mm; sedangkan terhadap

bakteri *Bacillus* pada konsentrasi  $10^{-3}$  sebesar  $29,9 \pm 6,8000$  mm; pada konsentrasi  $10^{-4}$  sebesar  $28,55 \pm 2,4500$  mm; dan pada konsentrasi  $10^{-5}$  sebesar  $19,6 \pm 0,5000$  mm

5. Kitosan merupakan antibakteri kuat terhadap bakteri *Bacillus* dan *E.colli* pada semua konsentrasi uji.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fitri, L and Yekki, Y. (2011). Isolasi dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. FMIPA Unsyah.
- Gagne, N. (1993). Production of Chitin and Chitosan from crustacean waste and Their Use as Food Processing aid. Departement of Food and Agricultural Chemistry, McGill University.
- Gintu, A R; Hartati, S; dan Margareta, N C. (2017). Bioaktivitas Kitosan dari Kulit Udang Terhadap Bakteri Jerawat. Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK) UNS 2017.
- Gintu, A R; Hartati, S; dan Margareta, N C. (2017). Karakterisasi dan Sifat Fisikokimia Kitosan dari Kulit Udang. Prosiding SNKPK UNS, ISSN: 978-602-73159-8.
- Hardy Diagnostic (2014-12-10). McFarland Latex Standards. UCSF DeRisi Lab.
- Islam, M.M; Masum, M.S; Rahman, M.M; Molla, M.I; Saikh, A.A and S.K Roy. (2011). Preparation of Chitosan from Shrimp Shell and Investigation of Its Properties. Internatoinal Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS Vol: 11 No: 01.
- Kurniasih, M dan Dwi, K. (2011). Sintesis dan Karakterisasi Fisika Kimia Chitosan. Jurnal Inovasi Vol.5 No.1 42-48. UNSOED Purwokerto. pp: 42-48.
- Manurun, M. (2011). Potensi Khitin/Khitosan dri Kulit Udang sebagai Biokoagulan Penjernih Air. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Udayana.
- Mardiyanti, E; Sjaikhurizal, E M and Damai Ria S. (2012). Sintesis Nanopartikel Kitosan-*Trypoly Phosphate* dengan Metode Gelasi Ionik : Pengaruh Konsentrasi dan Rasio Volume Terhadap Karakteristik Partikel. Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2012. ISSN 1411-2213. pp: 90-93.
- Majalah\_1000guru.net
- Manurun, M. (2011). Potensi Khitin/Khitosan dri Kulit Udang sebagai Biokoagulan Penjernih Air. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Udayana.
- Meryandini, A; Wahyu, W; Besty, M; Titi, C.S; Nisa, R and Hasrul, S. (2009). Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya. Bogor, IPB.
- Puspawati, N M and I Nyoman S. (2010). Optimasi Deasetilasi Chitin dari Kulit Udang dan Cangkang Kepiting Limbah Restoran *Seafood* menjadi Chitosan melalui Variasi Konsentrasi NaOH. Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Udayana.
- Sashiwa, H and Sei-Ichi Aiba. (2004). Chemichally Modified Chitin and Chitosan as Biomaterials. Science Direct.
- Venkatesan, J; Rangasamy, J; Annapoorna, M; Ira, B and Se-Kwon Kim. (2014). Antimicrobial Activity of Chitosan-Carbon Nanotube Hydrogels. Materials2014.7: 3946-3955. ISSN 1996-1944.
- Wang, S; Lena Ai ling, T; Qiaoliang, B; Ming Lin; Suzi, D; Bee Min, G and Kian Ping Loh. (2009). Room-Temperature Synthesis of Soluble Carbon Nanotubes by the Sonication of Graphen Oxide Nanosheets. National Univ of Singapore
- Widyaningtias, N.M.S.R; Yustiantara, P.S and Paramita, N.L.P.V. (2013). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Terpurifikasi Daun Sirih Hijau (*Piper battle* L.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes*. Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana. pp: 50-53.